Untersuchungen zur Kurzzeitperiodik beim Meerschweinchen (*Cavia aperea* f. porcellus)[1]

1. Bewegungsaktivität unter Licht-Dunkelwechsel, Dauerdunkel und Dauerlicht

Von D. Büttner und Franziska Wollnik

Institut für Versuchstierkunde und Zentrales Tierlaboratorium der Medizinischen Hochschule Hannover

Eingang des Ms. 10. 6. 1982

Abstract

Investigations on ultradian rhythms in the guinea pig (Cavia aperea f. porcellus) 1. Locomotor activity under light-dark, continuous dark and continuous light

Studied locomotor activity of the male guinea pig (*Cavia aperea* f. porcellus), exposed to different light conditions.

Under a light-dark cycle (LD 12:12) the guinea pig was found to be dark-active. The main maximum of activity occurs at the beginning of the dark period and a ancillary maximum follows 8 h later.

The pattern of locomotor activity is characterized by the alternation of short activity bursts and short resting periods, mainly during the dark period. The total time of rest within 24 h summed up on an average of 6 h 11 min (± 1 h 27 min) under LD, whereby 4 h 06 min (±1 h 14 min) of rest were spent in the light period.

After exposure to continuous dark or light the circadian rhythms were markly reduced and the short activity bursts manifested themselves during the whole 24-h-period. The total time of rest within 24 h decreases to 4 h 45 min (±1 h 42 min) (DD) respectively 2 h 58 min (±1 h 50 min) (LL). Now the time of rest is evenly divided between the previous dark and light period.

Analysis of power spectra confirm the reduction of the 24-h-rhythms and the manifestation of ultradian rhythms of 1–2 h period length after exposure to continuous dark or light. Furthermore the power spectra show a 8-h-rhythm which is nearly constant under different light conditions.

Einleitung

Bisherige Beschreibungen zur Tagesperiodik der motorischen Aktivität beim Meerschweinchen beruhen fast ausschließlich auf Freilandbeobachtungen domestizierter Tiere *Cavia aperea* f. porcellus (King 1956) oder freilebender Arten der Gattungen *Cavia* (Fuchs 1980), *Microcavia* und *Galea* (Rood 1972; Pearson 1951).

Unter Freilandbedingungen werden diese Spezies als überwiegend dämmerungsaktiv beschrieben; jeweils mit dem Lichtwechsel ist eine allgemeine Aktivitätszunahme zu beobachten. Starke Sonneneinstrahlungen während der Mittagsstunden werden besonders gemieden.

Eine Registrierung der Bewegungsaktivität von *Cavia aperea* f. porcellus unter Laborbedingungen und an Einzeltieren, jedoch unter konstanten Lichtverhältnissen, wurde von Nicholls (1926) durchgeführt. Sie beschreibt die Tiere als nahezu ständig aktiv und stellt keine tageszeitlichen Veränderungen der Aktivität fest. Dieser Befund erscheint uns

[1] Unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft SFB 146.

U.S. Copyright Clearance Center Code Statement: 0044-3468/82/4706-0370 $ 02.50/0
Z. Säugetierkunde 47 (1982) 370–380
© 1982 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
ISSN 0044-3468 / InterCode: ZSAEA 7

bemerkenswert, da andere Nagerspezies unter standardisierten Laborbedingungen eine ausgeprägte Circadianperiodik aufweisen (ASCHOFF 1962).

Ziel dieser Arbeit war es daher, die Bewegungsaktivität des Hausmeerschweinchens kontinuierlich zu erfassen und nach verschiedenen Verfahren zu analysieren. Die Untersuchungen beschränken sich auf einzeln gehaltene männliche Tiere, um soziale Interaktionen und Einflüsse durch den Geschlechtszyklus auszuschließen.

Material und Methode

Für die Untersuchungen standen insgesamt 12 männliche Meerschweinchen (*Cavia aperea* f. porcellus) im Alter von 2–5 Monaten aus der hauseigenen Kolonie zur Verfügung. Die Tiere waren vor Beginn der Messungen in Gruppenhaltung (Haltungsboxen 50 × 75 × 20 cm) unter standardisierten Laborbedingungen (Raumtemperatur 20 ± 1 °C, 55 ± 5 % relative Luftfeuchtigkeit, Futter (Herilan-MS-Haltung) und Wasser aus Trinkflaschen ad lib., Weichholzgranulat und Heu als Einstreu, Licht-Dunkelwechsel [12:12; 6.00–18.00]) aufgewachsen.

Für die Messungen wurden die Tiere in eine Klimakammer von 2 × 2 m Grundfläche mit gleichen klimatischen Verhältnissen überführt und einzeln in Makrolonkäfigen (Typ IV, 34 × 55 × 20 cm) gehalten. Die Beleuchtung erfolgte bei Haltung im Licht-Dunkelwechsel und Dauerlicht durch eine 65-W-Leuchtstoffröhre, bei Haltung im Dauerdunkel durch eine 60-W-Rotlichtlampe.

Die Messungen begannen erst nach ausreichender Adaptation der Tiere (3–4 Wochen) an die neue Umgebung. Die Bewegungsaktivität wurde registriert. Da immer nur 4 Tiere zur gleichen Zeit erfaßt werden konnten, erfolgten die Messungen nacheinander an 3 Gruppen mit jeweils 4 Tieren.

Zwei Gruppen setzten sich aus Tieren im Alter von 4–5 Monaten zusammen. Die dritte Gruppe enthielt etwas jüngere Tiere im Alter von 2 Monaten. Da sich zwischen den beiden Altersgruppen keine Unterschiede in der Bewegungsaktivität feststellen ließen, werden sie in der weiteren Beschreibung zusammengefaßt.

Alle drei 4er-Gruppen wurde bei Haltung unter Licht-Dunkelwechsel (LD 12:12) und unter Dauerdunkel gemessen, eine der Gruppen zusätzlich unter Dauerlicht. Die Meßperioden umfaßten jeweils 5 Tage. Wegen eines technischen Ausfalls konnte eine Gruppe unter Licht-Dunkelwechsel nur 4 Tage gemessen werden. Die Messungen erfolgten nicht unmittelbar nach dem Beleuchtungswechsel, sondern erst nach einer Adaptationszeit von 10–12 Tagen.

Die Bewegungsaktivität wurde durch einen kapazitiven Bewegungsaufnehmer erfaßt, der sich unter dem Kunststoffkäfig befindet und ein der Bewegung proportionales Gleichspannungssignal liefert. Dieses Signal wird über einen A/D-Wandler von einem Kleinrechner in 10-Intervallen abgefragt, zu 5-min-Mittelwerten verrechnet und abgespeichert. Parallel dazu wurde die Bewegungsaktivität auch über einen Papierschreiber aufgezeichnet, um eventuelle Störungen schon während der Meßperiode bemerken zu können.

Die verwendeten kapazitiven Bewegungsaufnehmer sind zwar eichbar, jedoch hängt das Gleichspannungssignal auch stark vom Körpergewicht der Tiere ab. Um die Tiere dennoch direkt miteinander vergleichen zu können, wurden die Meßwerte jedes Tieres vor der weiteren Auswertung bezüglich seiner mittleren Aktivität über die gesamte Meßperiode (100%-Wert) normiert.

Ergebnisse

Tagesprofil der Bewegungsaktivität unter Licht-Dunkelwechsel

Abb. 1 zeigt den tageszeitlichen Verlauf der Bewegungsaktivität beim Meerschweinchen unter Licht-Dunkelwechsel (LD 12:12). Für das Tagesprofil wurden aus den abgespeicherten 5-min-Werten jeweils 30-min-Mittelwerte berechnet und die zeitgleichen Werte von 12 Tieren und 5 bzw. 4 Meßtagen gemittelt. Die senkrechten Linien geben die Standardabweichung zwischen den Tieren an. Der 100%-Wert der Skala entspricht der mittleren Aktivität über die gesamte Meßperiode.

Während der Dunkelphase ist allgemein eine höhere Aktivität zu beobachten, die mit einem auffälligen Aktivitätsgipfel beim Ausschalten des Lichtes einsetzt. Ein zweiter, weniger ausgeprägter Gipfel ist etwa 3–4 h vor dem Einschalten des Lichtes zu erkennen. Nach Einschalten des Lichtes ist die Aktivität am geringsten, erst zum Abend hin nimmt sie langsam wieder zu. Im Mittel entfallen bei den 12 Tieren 63 % der Gesamtaktivität auf die Dunkelphase und 36 % auf die Lichtphase (Standardabweichung s = ± 8 %).

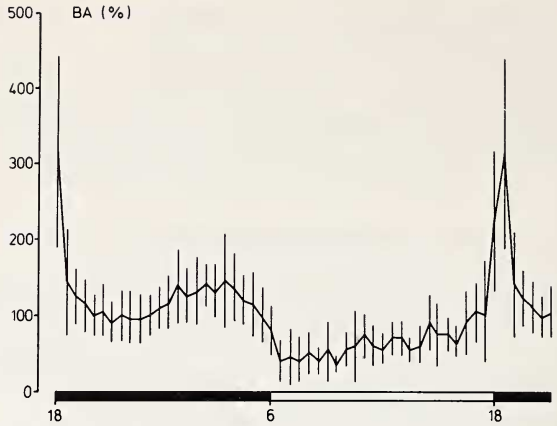

Abb. 1. Tageszeitlicher Verlauf der Bewegungsaktivität beim Meerschweinchen. Jeder 30-min-Wert stellt das Mittel aus 4 bzw. 5 Meßtagen mit 12 Tieren dar. Die senkrechten Linien geben die Standardabweichung zwischen den Tieren an. Der 100%-Wert der Skala entspricht der mittleren Aktivität über die gesamte Meßperiode

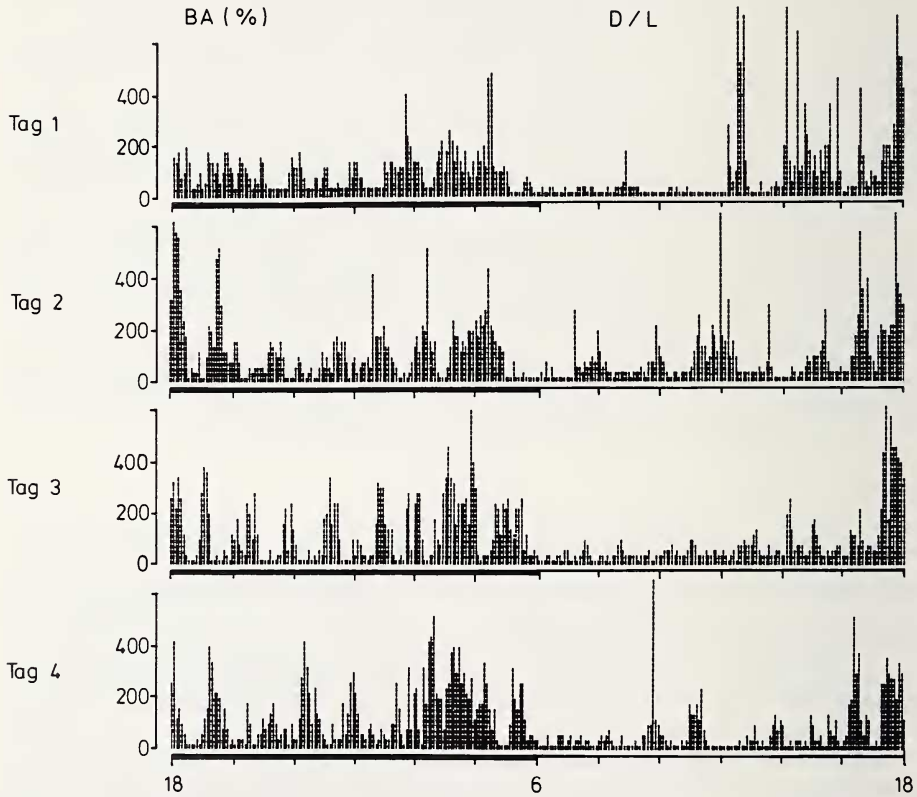

Abb. 2. Bewegungsaktivität eines Tieres über 4 Tage bei Licht-Dunkelverhältnissen. Das Histogramm zeigt 5-min-Mittelwerte; der 100%-Wert der Skala entspricht der mittleren Aktivität des Tieres innerhalb der Meßperiode. Die Dunkelphasen sind durch waagerechte schwarze Balken gekennzeichnet

Einzelregistrierungen der Bewegungsaktivität unter verschiedenen Lichtverhältnissen

Bei Verwendung feiner Zeitraster wird deutlich, mit welcher Regelmäßigkeit sich beim Meerschweinchen Perioden der Ruhe und der Aktivität kurzfristig abwechseln. An den Einzelregistrierungen eines Tieres unter den verschiedenen Lichtverhältnissen lassen sich auffällige Unterschiede im Muster der Bewegungsaktivität beobachten.

Licht-Dunkelwechsel

Abb. 2 zeigt die Einzelregistrierungen eines Tieres über 4 Tage mit einem Licht-Dunkelwechsel von 12:12 Stunden, wobei jeder Histogrammbalken einen 5-min-Mittelwert darstellt. Der 100%-Wert entspricht der mittleren Aktivität des Tieres über die jeweilige Meßperiode. Auch hier ist die allgemeine Steigerung der Aktivität während der Dunkelphase zu bemerken. Einzelne Aktivitätsschübe, die durch kurze Ruhephasen voneinander

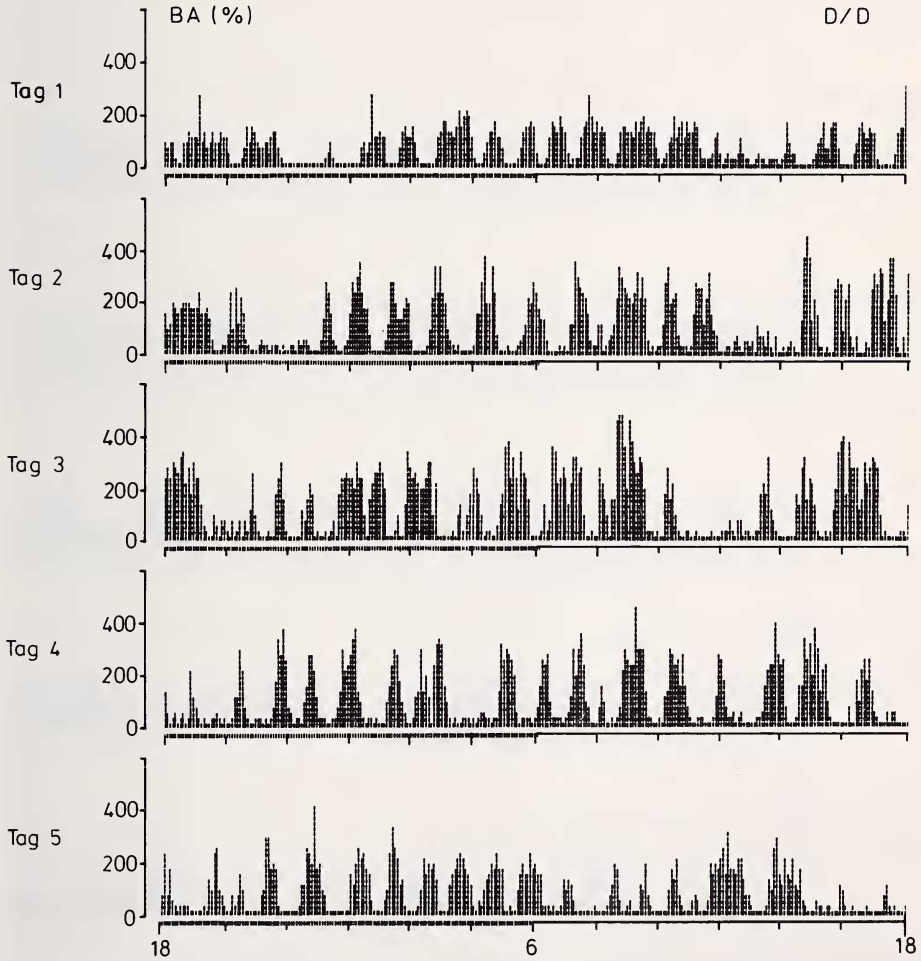

Abb. 3. Bewegungsaktivität des Tieres von Abb. 2 über 5 Tage bei Dauerdunkel. Das Histogramm zeigt 5-min-Mittelwerte; der 100%-Wert der Skala entspricht der mittleren Aktivität des Tieres innerhalb der Meßperiode. Die Dunkelphasen des ursprünglichen Lichtwechsels sind durch waagerechte schraffierte Balken gekennzeichnet

getrennt sind, folgen im Abstand von etwa 1–2 h aufeinander. Der dritte Tag zeigt diese Aktivitätsschübe besonders deutlich. Während der Lichtphase ist die Bewegungsaktivität stark gedämpft und steigt erst zur Dunkelphase hin wieder an. Kurz vor den Lichtwechseln fällt eine Verdichtung der Aktivität auf.

Dauerdunkel

Bereits nach zweiwöchiger Adaptation an die Haltung unter Dauerdunkel (D/D) ergeben sich wesentliche Änderungen im Aktivitätsmuster. Abb. 3 zeigt eine Einzelregistrierung über 5 Tage vom selben Tier wie in Abb. 2. Die einzelnen Aktivitätsschübe treten regelmäßiger auf und sind von den Phasen, in denen nur Kleinaktivitäten registriert werden, deutlich abgesetzt. Der Abstand zwischen den Aktivitätsphasen beträgt 1–2 h. Lediglich in den ersten drei Tagen fallen in der Mitte der früheren Licht- bzw. Dunkelphase einzelne Aktivitätsschübe aus. Die frühere 24-h-Periode ist weitgehend aufgelöst. Im 3. bis 5. Tag ist eine weitere schwache, rhythmische Komponente erkennbar. Sie kommt in

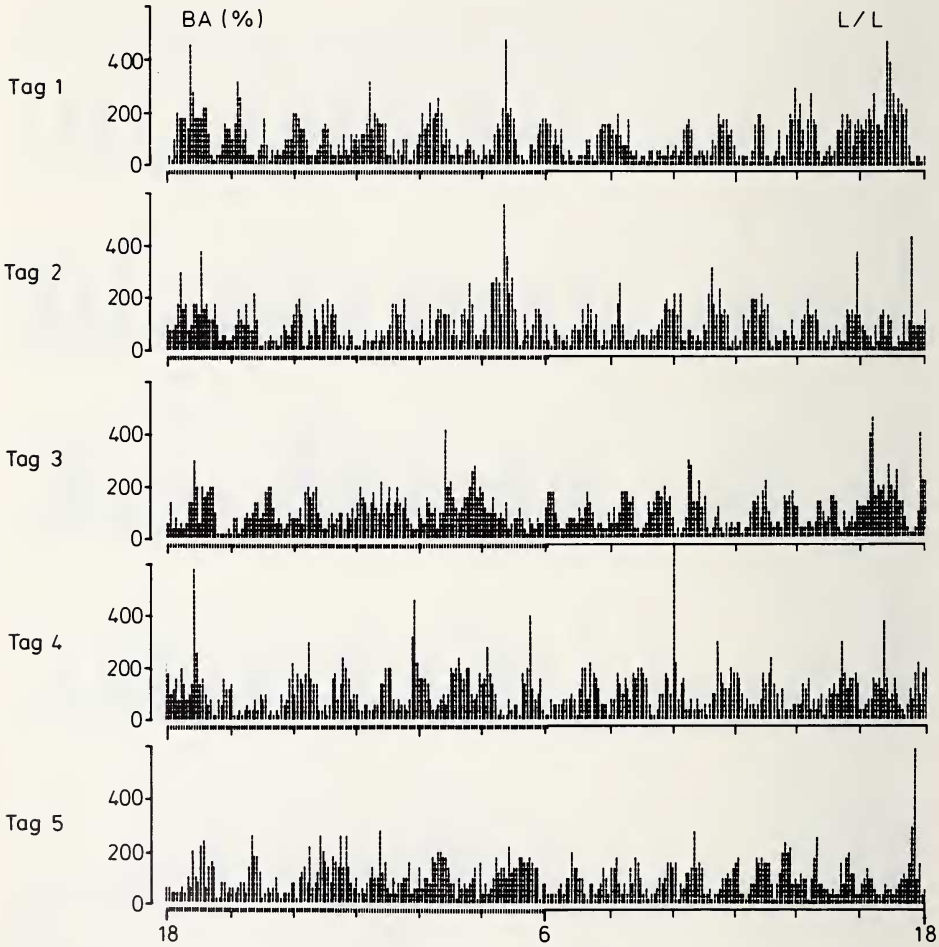

Abb. 4. Bewegungsaktivität des Tieres von Abb. 2 und 3 über 5 Tage bei Dauerlicht. Das Histogramm zeigt 5-min-Mittelwerte; der 100%-Wert der Skala entspricht der mittleren Aktivität des Tieres innerhalb der Meßperiode. Die Dunkelphasen des ursprünglichen Lichtwechsels sind durch waagerechte schraffierte Balken gekennzeichnet

der Verstärkung eines Aktivitätsschubes und gleichzeitigen Abschwächung des nachfolgenden Schubes im Abstand von 8 h zum Ausdruck.

Dauerlicht

Bei Haltung im Dauerlicht (L/L) bleiben die Aktivitätsschübe ähnlich regelmäßig wie im Dauerdunkel. In Abb. 4 sind wiederum die Einzelregistrierungen desselben Tieres wie in Abb. 2 und 3 wiedergegeben. Die einzelnen Aktivitätsphasen sind etwas breiter und nicht so deutlich voneinander abgesetzt wie bei der Haltung im Dauerdunkel. Zwischen den Aktivitätsschüben liegen häufig kleinere Aktivitäten. Eine Circadianperiodik ist nicht erkennbar.

Gesamtruhezeit über 24 h

Als Ruhephase wird ein 5-min-Mittelwert definiert, der unter 20 % des Gesamtmittels der Bewegungsaktivität liegt. Dies entspricht einer Einheit in den unter Abb. 2, 3, 4 gezeigten Einzelregistrierungen. Bei der Festlegung der Ruheschwelle auf den 20%-Wert werden einzelne Mikroaktivitäten noch nicht erfaßt, kurz nacheinanderfolgende Körperbewegungen ohne Ortsveränderung überschreiten jedoch im allgemeinen diesen Wert.

Um das Verhältnis Ruhezeit zu Aktivitätszeit unter den verschiedenen Lichtbedingungen zu vergleichen, wurde von allen Tieren die mittlere Dauer der Gesamtruhezeit über 24 h bestimmt. Zusätzlich wurde bei Haltung unter Lichtwechsel die mittlere Ruhezeit getrennt für die Licht- und Dunkelphase berechnet bzw. unter konstanten Lichtverhältnissen getrennt für die entsprechenden Tageshälften. Die Ergebnisse sind in der Tabelle zusammengefaßt. Die Standardabweichungen beziehen sich auf die Streuungen zwischen den Tieren.

Unter allen Lichtverhältnissen sind die Ruhezeiten stets kürzer als die Aktivitätszeiten. Die längste Gesamtruhezeit innerhalb von 24 h ist unter Licht-Dunkelwechsel (6 h 11 min) zu finden. Die getrennte Berechnung der Ruhezeiten für die beiden Tageshälften zeigt, daß dies in erster Linie auf die besonders lange Ruhezeit während der Lichtphase zurückzuführen ist. Diese ist mit 4 h 06 min fast doppelt so lang wie die Ruhezeit in der Dunkelphase

Tabelle

Mittlere Gesamtruhezeit aller Tiere innerhalb von 12 bzw. 24 Stunden

Bei Licht-Dunkelwechsel getrennt berechnet für Licht- (L) und Dunkelphase (D), bei konstanter Beleuchtung getrennt für die entsprechenden Tageshälften. Die Standardabweichungen beziehen sich auf die Streuungen zwischen den Tieren

	24 Stunden	12 Stunden 18.00–6.00 (D)		12 Stunden 6.00–18.00 (L)
LD	6 h 11 min (± 1 h 27 min)	2 h 05 min (± 39 min)	*** **	4 h 06 min (± 1 h 14 min)
DD	4 h 45 min (± 1 h 42 min)	2 h 41 min (± 58 min)	ns **	2 h 03 min (± 53 min)
LL	2 h 58 min (± 1 h 50 min)	1 h 23 min (± 21 min)	ns	1 h 35 min (± 36 min)

*** = $p < 0.001$
** = $p < 0.01$

mit 2 h 05 min. Ein T-Test ergibt hochsignifikante Unterschiede ($p < 0.001$) zwischen den Ruhezeiten während der Tag- und denen während der Nachthälfte. Unter Dauerdunkel bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ruhezeiten in der ursprünglichen Nachthälfte (2 h 41 min) und in der ursprünglichen Taghälfte (2 h 03 min). Die Werte beider 12-h-Abschnitte unterscheiden sich auch nicht signifikant von den Werten aus der Nachthälfte unter Licht-Dunkelwechsel.

Bei Haltung im Dauerlicht sind die Ruhezeiten mit 1 h 23 min (Nacht) und 1 h 35 min (Tag) etwas kürzer als im Dauerdunkel. Diese Ruhezeiten entsprechen in der Größenordnung eher den Werten der Nachthälfte als denen der Taghälfte unter Licht-Dunkelwechsel.

Für die mittleren Gesamtruhezeiten über 24 h ergeben sich jedoch beträchtliche Unterschiede zwischen der Haltung unter Licht-Dunkelwechsel (6 h 11 min), Dauerdunkel (4 h 45 min) oder Dauerlicht (2 h 58 min).

Durchschnittliche Länge der einzelnen Ruhephasen

Aus den Registrierungen der 12 Tiere unter den verschiedenen Lichtverhältnissen wurden Häufigkeitsverteilungen für die Länge der einzelnen Ruhezeiten je Tier berechnet. Abb. 5 zeigt diese Verteilungen getrennt für die Licht- und Dunkelphase bzw. bei Haltung unter Dauerlicht oder Dauerdunkel getrennt für die ursprünglichen Tageshälften. Für die Dauer einer einzelnen Ruhephase wurde die kleinstmögliche Klassenbreite von 5 min gewählt. Die Angaben sind Durchschnittswerte aus allen 12-h-Abschnitten aller Tiere.

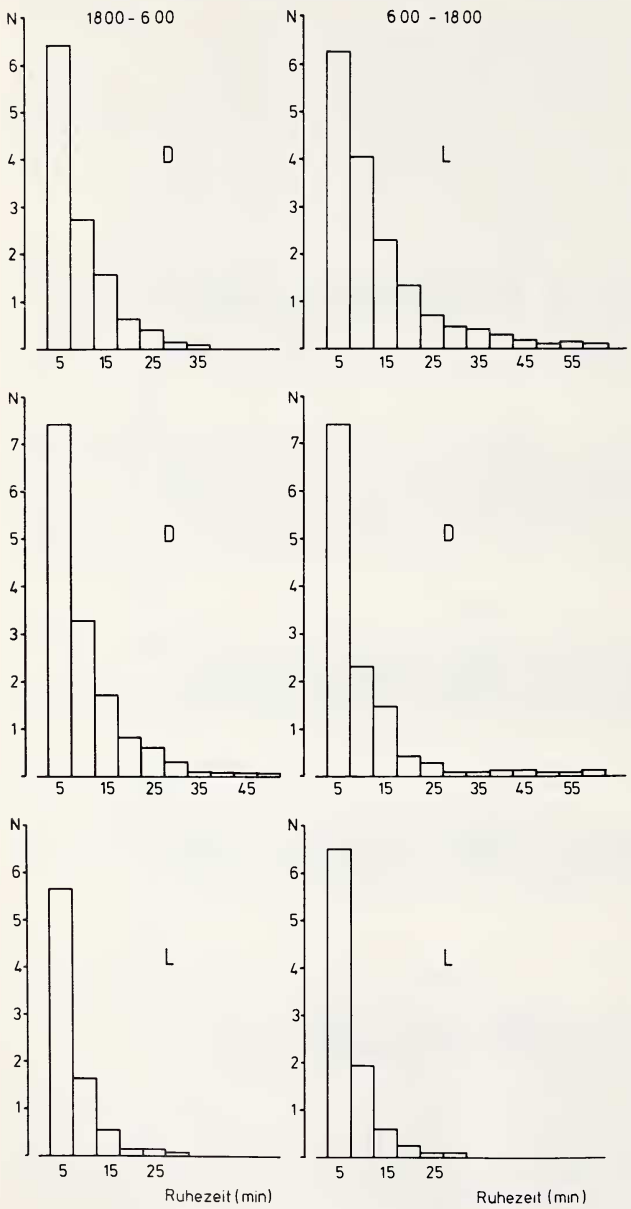

Abb. 5. Häufigkeitsverteilungen der Länge einzelner Ruhephasen, gemittelt über alle 12-h-Abschnitte aller Tiere. Die Verteilungen wurden getrennt für die Licht- (L) und Dunkelphase (D) bzw. bei Haltung unter Dauerdunkel (DD) oder Dauerlicht (LL) getrennt für die ursprünglichen Tageshälften berechnet

Am häufigsten sind unter allen Lichtverhältnissen Ruhephasen von nur 5 min Dauer. Ununterbrochene Ruhephasen von mehr als 20 min Dauer sind selten, sie treten höchstens zwei- bis dreimal innerhalb von 12 h auf. Die Unterschiede zwischen den Häufigkeiten bei den verschiedenen Lichtverhältnissen sind gering. Sie sind am deutlichsten noch zwischen der Licht- und Dunkelphase unter Licht-Dunkelwechsel vorhanden. Hier bewirkt das Licht längere Ruhephasen, was bereits an der Gesamtaktivität festzustellen war. Ebenso bestätigt sich die allgemeine Verkürzung der Ruhephasen unter Dauerlicht in der betreffenden Häufigkeitsverteilung.

Frequenzanalyse

Zur genaueren Bestimmung der Periodizität der Aktivitätsmuster eignen sich verschiedene Verfahren, von denen das von Halberg und Panofsky (1961; Panofsky und Halberg 1961) ausgewählt wurde, weil es durch die frequenzlineare Darstellung eine hohe Auflösung im Bereich kurzer Periodenlängen ermöglicht, aber gleichzeitig die 24-h-Periodik mit erfaßt. Dabei muß die schlechte Auflösung längerer Perioden in Kauf genommen werden. Ferner bietet dieses Verfahren die Möglichkeit, einen Mittelwert für alle Tiere und einen statistischen Vertrauensbereich zu berechnen.

Abb. 6 zeigt die so gewonnenen Frequenzspektren für alle 12 Tiere unter Licht-Dunkelwechsel und Dauerdunkel und für 4 Tiere unter Dauerlicht. Zu jedem Spektralschätzwert ist der 95%-Vertrauensbereich angegeben.

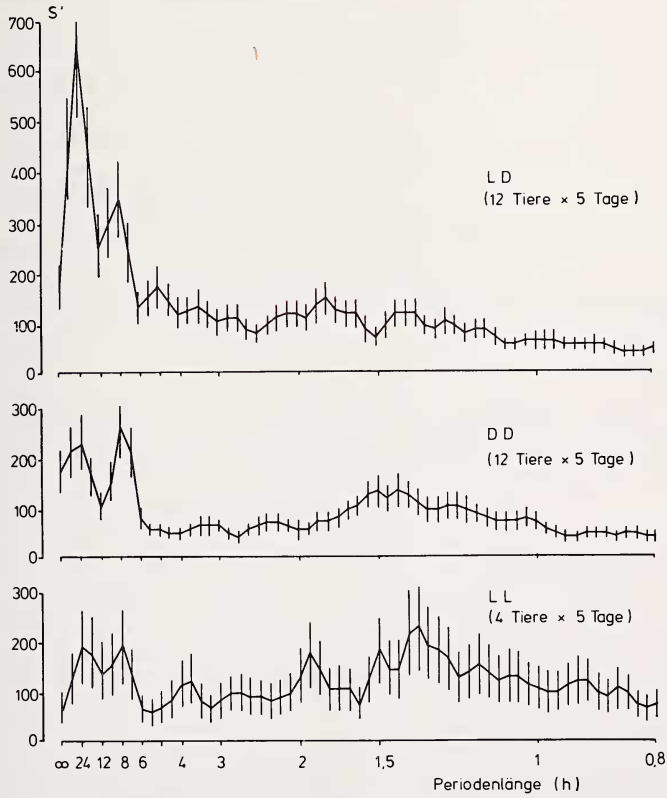

Abb. 6. Frequenzspektren der Bewegungsaktivität, berechnet aus den Meßwerten von allen 12 Tieren unter Licht-Dunkelwechsel (LD) und Dauerdunkel (DD) und von 4 Tieren unter Dauerlicht (LL). Zu jedem Spektralschätzwert ist der 95%-Vertrauensbereich als senkrechter Balken angegeben

Unter Licht-Dunkelwechsel dominiert die 24-h-Periodik. Daneben ist noch eine signifikante 8-h-Periodik sichtbar, im Bereich von 1–2 h sind periodische Anteile nur schwach angedeutet.

Unter Dauerdunkel wird die 24-h-Periodik erheblich reduziert. Ihr Anteil im Frequenzspektrum entspricht jetzt dem der 8-h-Periodik. Im Bereich von 1–2 h Periodenlänge liegt ein breites Band signifikanter, ultradianer Rhythmen. Die Breite dieses Bandes ist auf die große Variabilität dieser Rhythmen zwischen den einzelnen Tieren zurückzuführen.

Frequenzanalysen einzelner Tiere zeigen, daß bei einem Tier z. B. ultradiane Rhythmen von 1,6 h, bei einem anderen Tier von 1,2 h Periodenlänge vorherrschen oder zwei verschiedene Periodenlängen in diesem Frequenzbereich gemeinsam auftreten. Auf die Darstellung dieser individuellen Unterschiede wird hier verzichtet.

Bei Haltung unter Dauerlicht werden die 24-h-Periodik und die 8-h-Periodik noch weiter reduziert. Ihre Anteile am Frequenzspektrum sind hier sogar kleiner als der Anteil der 1- bis 2-h-Periodik. Die einzelnen Spektralschätzwerte sind jedoch mit einer größeren statistischen Unsicherheit behaftet, da für die Erstellung des Frequenzspektrums unter Dauerlicht nur die Meßwerte von 4 Tieren zur Verfügung standen.

Diskussion

Aschoff (1957) beschreibt den Bigeminus, d. h. das Auftreten von zwei Aktivitätsgipfeln im Tagesverlauf als ein typisches Muster der Tagesperiodik. Dabei kann der erste Gipfel zu Beginn der Aktivitätsphase größer und regelmäßiger auftreten als der zweite.

Die größere Aktivität während der Nachtstunden (63 %) sowie der scharfe Aktivitätsgipfel zum Wechsel von der Licht- zur Dunkelphase sprechen dafür, *Cavia aperea* f. porcellus den dunkel- bzw. dämmerungsaktiven Tieren zuzuordnen. Hinweise für die Dämmerungsaktivität verschiedener Meerschweinchenspezies unter natürlichen Lichtverhältnissen finden sich auch bei Rood (1972) und Fuchs (1980), während Pearson (1951) *Cavia musteloides* in seinem natürlichen Habitat als tagaktiv beschreibt.

Die weitgehende Übereinstimmung in der Aktivitätsverteilung zwischen Meerschweinchenkolonien unter Freilandhaltung (Fuchs 1980) und einzeln gehaltenen Tieren läßt vermuten, daß soziale Interaktionen die Circadianperiodik nicht wesentlich beeinflussen und somit Beobachtungen an Einzeltieren ein durchaus repräsentatives Bild der Aktivitätsverteilung ergeben.

Fuchs (1980) beschreibt jeweils zum Lichtwechsel zwei annähernd gleich große Aktivitätsgipfel. Allerdings war bei ihm die natürliche Nachtzeit nur 8 h lang und somit kürzer als unsere Dunkelphase unter Laborbedingungen. Es bleibt offen, ob der an unseren Tieren einige Stunden vor dem Einschalten des Lichtes zu beobachtende abgeflachte, zweite Gipfel unter einer verkürzten Dunkelphase verstärkt werden kann, oder ob diese Abweichung in den Ergebnissen von Fuchs auf methodische Unterschiede in der Bewertung der Aktivität zurückzuführen ist.

Wegen der häufig und kurzfristig auftretenden motorischen Aktivität ohne Ortsveränderung ergeben sich beim Meerschweinchen besondere Schwierigkeiten bei der Ermittlung von Ruhe- oder Aktivitätszeiten. Die Berechnung der Ruhe- und Aktivitätszeiten hängt im starken Maße von ihrer Definition und den Möglichkeiten ihrer quantitativen Erfassung ab.

Nach unserer Definition der Schwelle zwischen Aktivität und Ruhe wurde bei Haltung unter Licht-Dunkelwechsel eine Gesamtruhezeit von 6 h 11 min über 24 h ermittelt, davon entfallen 4 h 06 min Ruhe auf die Lichtphase und nur 2 h 05 min auf die Dunkelphase. Dies entspricht den von Pellet und Béraud (1967) elektrophysiologisch ermittelten Ruhezeiten. Unter Dauerdunkel wird die Gesamtruhezeit durch das Auffüllen der ursprünglichen Lichtphase mit Aktivitätsschüben auf 4 h 45 min reduziert. Die Ruhezeiten unter Dauer-

licht sind ebenfalls nicht mit der auffallend langen Ruhezeit in der früheren Lichtphase vergleichbar. Unter Dauerlicht wird die Gesamtruhezeit innerhalb von 24 h sogar noch weiter auf 2 h 58 min reduziert, was in erster Linie durch eine Verbreiterung der Aktivitätsschübe bedingt ist. Die Gesamtruhezeit setzt sich aus auffallend kurzen Phasen absoluter Ruhe zusammen. Ruhephasen von mehr als 15 min Länge sind nur selten.

Übereinstimmend mit unseren Ergebnissen beschreibt Nicholls (1926) das Meerschweinchen als nahezu ständig aktiv. Bei Haltung unter Dauerlicht oder Dauerdunkel konnte sie keine circadiane Rhythmik feststellen, unterscheidet aber zwischen zwei verschiedenen Formen der Aktivität: einer kontinuierlichen Aktivität ohne Ruhephasen und einer „intermittent activity" mit Ruheperioden von wenigen Sekunden bis zu 10 min. Hierin ist eine Parallele zu sehen zu den von uns registrierten Aktivitätsschüben und den dazwischenliegenden Ruhephasen, die von nur kurzen Aktivitäten unterbrochen sind.

Eine genaue Aussage über die Periodizität dieser Aktivitätsmuster ist nur über eine Frequenzanalyse möglich. Diese ergibt, daß das Aktivitätsmuster von *Cavia aperea* f. porcellus im wesentlichen durch eine Kurzzeitperiodik von 1–2 h Periodenlänge bestimmt wird. Diese Kurzzeitperiodik wurde für das Meerschweinchen noch nicht explizit beschrieben, tritt aber mit unterschiedlichen Periodenlängen bei vielen Spezies auf (Aschoff 1962).

Auch für das Meerschweinchen scheint ein enger Zusammenhang zwischen Futteraufnahme und Kurzzeitperiodik zu bestehen. Aus Beobachtungen von Nicholls (1926) geht hervor, daß es – wie viele andere Säuger – nach vorangegangener Bewegung zur Futteraufnahme ruht. Somit könnte beim Meerschweinchen in der Kurzzeitperiodik der Bewegungsaktivität auch eine ungewöhnliche kurze Periodik des Energieverbrauchs und der Energieaufnahme zum Ausdruck kommen.

Unter Licht-Dunkelwechsel ist die Kurzzeitperiodik mit Periodenlängen um 1,5 h in der Frequenzanalyse nur andeutungsweise vorhanden, obwohl sie in den Einzelaufzeichnungen durchaus sichtbar ist. Sie läßt sich aber bereits nach etwa 14 Tagen unter Dauerdunkel eindeutig nachweisen.

Hierbei ist zu beachten, daß die Variabilität zwischen den Tieren in der Zusammenfassung zu einem breiten Band signifikaner Periodenlängen führt, während Einzelanalysen der Tiere schärfer abgesetzte Periodenlängen ergeben.

Die Bedeutung der 8-h-Komponente ist bislang unklar. Sie tritt in den Einzelaufzeichnungen als verstärkter Aktivitätsgipfel im Abstand von 8 h mit anschließender Reduktion des nachfolgenden Aktivitätsschubes auf. Die Frequenzanalysen zeigen unter allen Lichtbedingungen eine Stabilität der 8-h-Rhythmik, die eine biologische Bedeutung vermuten läßt. Dafür spricht auch die Tatsache, daß der Abstand zwischen den beiden Aktivitätsgipfeln unter Licht-Dunkelwechsel etwa 8 h beträgt. Gegen eine Interpretation als Oberwelle der 24-h-Periodik spricht, daß weitere harmonische Oberwellen unterhalb von 8 h fehlen. Lediglich unter Dauerlicht heben sich ultradiane Rhythmen von 4 und 2 h vom Grundrauschen ab. Der direkte Vergleich mit den anderen Lichtbedingungen ist allerdings problematisch, da hier nur die Ergebnisse von 4 Tieren und dadurch größerere Vertrauensbereiche der Spektralschätzwerte vorliegen

Als normale Reaktion auf das Fehlen des Lichtes als „Zeitgeber" ist bei dunkelaktiven Tieren unter Dauerdunkel eine Verkürzung und unter Dauerlicht eine Verlängerung der Circadianperiodik zu erwarten (Aschoff 1958). Die hier gezeigten Einzelregistrierungen der Bewegungsaktivität lassen jedoch nach Wegfall des Lichtwechsels kein Driften der Circadianperiodik erkennen, sondern zeigen eher ein Auffüllen der früheren Lichtphase mit periodischen Aktivitätsschüben.

Die Reduktion der Circadianperiodik unter Dauerdunkel oder Dauerlicht wird auch in der Frequenzanalyse sichtbar. Homna und Hiroshige (1978) beschreiben ähnliche Vorgänge bei der Ratte. Allerdings benötigen diese Tiere etwa 3 Monate bis zur Auflösung der Circadianperiodik.

Bei unseren Untersuchungen kann nach der kurzen Adaptation an Dauerlicht oder Dauerdunkel noch nicht von einer Stabilisierung des Bewegungsmusters ausgegangen werden. Es ist daher zu vermuten, daß die Circadianperiodik nach längerer Haltung ohne Lichtwechsel noch weiter reduziert oder vollständig aufgelöst wird, wie es auch von Nicholls (1926) beschrieben wird. Damit wird die Frage aufgeworfen, ob die Circadianperiodik beim Meerschweinchen überhaupt einen endogenen Charakter besitzt oder ob sie durch die vorherigen Haltungsbedingungen nur aufgeprägt wurde. Die Verstärkung der ultradianen Rhythmen bei konstanten Lichtverhältnissen spricht dafür, die Kurzzeitperiodik als den wesentlichen Bestandteil der endogenen Periodik anzusehen.

Zusammenfassung

Die Bewegungsaktivität männlicher Meerschweinchen (*Cavia aperea* f. porcellus) wurde unter verschiedenen Lichtverhältnissen registriert.

Unter Licht-Dunkelwechsel (LD 12 : 12) ist das Meerschweinchen nachtaktiv. Besonders während der Dunkelphase ist das Aktivitätsmuster durch einen ständigen Wechsel von kurzen Aktivitäts- und Ruhephasen bestimmt. Das Hauptaktivitätsmaximum liegt zu Beginn der Dunkelphase, ein weiteres Maximum folgt nach 8 Stunden.

Die Gesamtruhezeit innerhalb von 24 h beträgt durchschnittlich 6 h 11 min (± 1 h 27 min), wovon 4 h 06 min (± 1 h 14 min) Ruhe auf die Lichtphase entfallen.

Bei Haltung unter Dauerdunkel (DD) oder Dauerlicht (LL) wird die Circadianperiodik reduziert, während sich die kurzen Aktivitätsschübe über die gesamten 24 h verteilen. Die Gesamtruhezeit verkürzt sich auf 4 h 45 min (± 1 h 42 min) (DD) bzw. 2 h 58 min (± 1 h 50 min) (LL), wobei nun auf die beiden ursprünglichen Tageshälften etwa gleiche Ruhezeiten entfallen.

Frequenzanalysen bestätigten die Reduktion der Circadianperiodik und die Manifestierung der 1- bis 2-h-Periodik unter Dauerdunkel oder Dauerlicht. Eine weitere Spektralkomponente, die 8-h-Periodik, bleibt unter den verschiedenen Lichtverhältnissen nahezu konstant.

Literatur

Aschoff, J. (1957): Aktivitätsmuster der Tagesperiodik. Naturwissenschaften **13**, 361–367.

— (1958): Tierische Periodik unter dem Einfluß von Zeitgebern. Z. Tierpsychol. **15**, 1–30.

— (1962): Spontane okomotorische Aktivität. In: Handbuch der Zoologie. Ed. G. Helmcke und H. v. Lengerken, Berlin. Bd. 8, Lfg. 30, Teil 11, 1–76.

Fuchs, S. (1980): Spacing patterns in a colony of guinea pigs: Predictability from environmental and social factors. Behav. Ecol. Sociobiol. **6**, 265–276.

Halberg, F.; Panofsky, H. (1961): Thermo-variance spectra; Method and clinical illustrations. Exp. Med. Surg. **19**, 285–321.

Honma, K.; Hiroshige, T. (1978): Endogenous ultradian rhythms in rats exposed to prolonged continuous light. Am. J. Physiol. **235**, R250–R256.

King, J. A. (1956): Social relations of the domestic guinea pig living under semi-natural conditions. Ecology **37**, 221–228.

Nicholls, E. E. (1926): A study of the spontaneous activity of the guinea pig. Comparative Psychology **2**, 303–330.

Panofsky, H.; Halberg, F. (1961): Thermo-variance spectra; Simplified computational example and other methodology. Exp. Med. Surg. **19**, 323–338.

Pearson, O. P. (1951): Mammals in the highlands of southern Peru. Bull. Mus. Comp. Zool. **106**, 117–174.

Pellet, J.; Béraud, G. (1967): Organisation nycthémérale de la veille et du sommeil chez le cobaye *(Cavia procellus);* Comparaisons interspécifiques avec le rat et le chat. Physiol Behav. **2**, 131–137.

Rood, J. P. (1972): Ecological and behavioural comparisons of three genera of argentine cavies. Animal. Behav. Monogr. **5**, 1–83.

Anschrift der Verfasser: Dr. rer. nat. Dietmar Büttner und Dipl.-Biol. Franziska Wollnik, Institut für Versuchstierkunde und Zentrales Tierlaboratorium, Medizinische Hochschule Hannover, Konstanty-Gutschow-Str. 8, D-3000 Hannover 61